

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA (FMVZ)

LÍVIA PRADELLA THOMÉ

Avaliação dos efeitos da inoculação *in ovo* de taurina e glicina sobre o pintinho de um dia

Uberlândia - MG

2026

LÍVIA PRADELLA THOMÉ

Avaliação dos efeitos da inoculação *in ovo* de taurina e glicina sobre o pintinho de um dia

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
da Universidade Federal de Uberlândia como
requisito para aprovação na disciplina de
Trabalho de Conclusão de Curso II

Área de concentração: Medicina Veterinária

Orientadora: Profa. Dra. Belchiolina Beatriz
Fonseca

Coorientadora: MV. Bianca de Jesus e Silva

Uberlândia - MG

2026

LÍVIA PRADELLA THOMÉ

Avaliação dos efeitos da inoculação *in ovo* de taurina e glicina sobre o pintinho de um dia

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
da Universidade Federal de Uberlândia como
requisito para aprovação na disciplina de
Trabalho de Conclusão de Curso II

Área de concentração: Medicina Veterinária

Uberlândia - MG, 2026

Banca Examinadora:

Prof.^a Dr.^a. Belchiolina Beatriz Fonseca – Orientadora – FMVZ UFU

Prof. Dr. Lucio Vilela Carneiro Girão – FMVZ UFU

M.V Anna Luiza – FMVZ UFU

Dedico este trabalho aos meus pais,
por me permitirem voar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e ao meu mentor espiritual, pelas oportunidades, proteção e força.

Agradeço à minha banca examinadora pelas contribuições e pelo tempo dedicado à avaliação deste trabalho.

À minha orientadora, Bia, agradeço pela oportunidade de aprendizado, pelo auxílio constante e por me apresentar a uma área onde me encontrei. À minha coorientadora, Bianca, meu muito obrigada por todo o suporte no processo de escrita e pesquisa, demonstrando sempre compreensão e dedicação.

A todos os meus professores que contribuíram para o meu aprendizado e para a minha formação profissional ao longo destes anos.

Agradeço aos meus amigos, que se tornaram uma segunda família: obrigada pelo apoio, paciência e por caminharmos juntos entre vitórias, alegrias e emoções.

Aos meus tios, que residem em Uberlândia, agradeço o apoio, exemplo e amor dedicados a mim durante toda essa jornada. À minha avó, Maria, deixo meu carinho especial.

Aos meus irmãos: Rafael, meu caçula, e Luana, minha irmã mais velha e melhor amiga. Gratidão por compartilharem a vida comigo, demonstrarem companheirismo e serem minha paixão. Lu, obrigada por ser a pessoa para quem sempre pude ligar quando precisei.

Quase finalmente, e mais importante, agradeço aos meus pais, Luciene e Ricardo. É a vocês que dedico toda a minha trajetória, sem vocês, nada disso seria possível. Gratidão por me apoiarem em cada passo dessa jornada até aqui, por me ensinarem, orientarem e cativarem, por abrirem espaço para eu perseguir meus sonhos e por serem minha inspiração, meu porto seguro e a minha casa.

Por fim, agradeço aos meus dois amores: ao Lucas, por ser paciente, por ser meu companheiro para a vida, e amigo fiel. E ao meu parceiro de vida, Floquinho, por ser o motivo de eu estar completando esse curso, por ter me ensinado a amar e por ser o espírito de luz que tanto amo e que sempre habitará em mim.

Não te rendas ao desanimo e insiste no bem.

*Guardas contigo a possibilidade do limite,
mas Deus tem a possibilidade do Impossível.*

(Emmanuel/Chico Xavier)

RESUMO

O estudo avaliou os efeitos da inoculação *in ovo* de glicina e taurina sobre o pintinho de um dia. Considerando a crescente pressão por maior eficiência produtiva na avicultura e a importância do período perinatal para o desempenho futuro das aves, investiga-se o potencial desses aminoácidos como moduladores metabólicos aplicados ainda na fase embrionária. Foram utilizados um total de 42 ovos férteis da linhagem Hy-Line W-80, distribuídos aleatoriamente em três grupos experimentais: controle (solução salina tamponada), glicina (3 mg/ovo) e taurina (95 mg/ovo). Entre o 18º e o 19º dia de incubação, administraram-se 100 µL das respectivas soluções na cavidade amniótica. Após a eclosão, avaliaram-se o peso corporal, qualidade neonatal e taxa de eclosão. Os dados foram analisados por meio do teste estatístico [ANOVA/Teste t], adotando-se nível de significância de 5%. Os resultados demonstraram que a inoculação *in ovo* de glicina e taurina não afetou negativamente o desenvolvimento embrionário. Não foi observada diferença significativa no peso corporal ao nascimento entre os grupos tratados e o controle ($p > 0,05$). A taxa de eclosão foi de 100% nos grupos Controle e Glicina, enquanto o grupo Taurina apresentou taxa de 85,7%, mas sem diferença estatística. As médias de peso permaneceram semelhantes entre os grupos, indicando ausência de efeito direto dos aminoácidos sobre o crescimento embrionário final nas condições experimentais adotadas. Concluiu-se que a técnica se mostrou segura, porém não promoveu alterações significativas no desempenho inicial ao nascimento.

Palavras-chave: inoculação *in ovo*; glicina; taurina; desenvolvimento embrionário; linhagem de postura.

ABSTRACT

The study evaluated the effects of *in ovo* glycine and taurine inoculation on day-old chicks. Given the increasing pressure for higher productive efficiency in poultry science and the critical importance of the perinatal period for future performance, the potential of these amino acids as metabolic modulators applied during the embryonic stage was investigated. A total of 42 fertile eggs from the Hy-Line W-80 strain were randomly distributed into three experimental groups: control (buffered saline), glycine (3 mg/egg), and taurine (95 mg/egg). Between the 18th and 19th days of incubation, 100 μ L of the respective solutions were administered into the amniotic cavity. After hatching, body weight, neonatal quality, and hatchability were evaluated. Data were analyzed using [ANOVA/t-test] with a 5% significance level. The results demonstrated that *in ovo* inoculation of glycine and taurine did not negatively affect embryonic development. No significant differences were observed in body weight at hatch between the treated groups and the control ($p > 0.05$). The hatchability rate was 100% in the Control and Glycine groups, whereas the Taurine group showed a rate of 85.7%, with no statistically significant difference. Mean body weights remained similar across groups, indicating the absence of a direct effect of these amino acids on late embryonic growth under the experimental conditions adopted. It was concluded that the technique proved to be safe, although it did not promote significant changes in initial performance at hatch.

Keywords: *in ovo* feeding; glycine; taurine; embryonic development; laying hens

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estágios do desenvolvimento embrionário aviário aos 15 e 20 dias.	17
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variação de peso ao nascer entre grupos G1 e G2	25
Tabela 2 - Variação de peso ao nascer entre grupos G1 e G3	26
Tabela 3 – Mortalidade e Eclosão	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GLI	Glicina
TAU	Taurina

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Avicultura e desempenho inicial.....	14
2.2	Inoculação <i>in ovo</i> de nutrientes	15
2.3	Desenvolvimento embrionário	16
2.4	Aminoácidos	18
2.5	Glicina.....	19
2.6	Taurina	21
3	METODOLOGIA.....	23
3.1	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	24
4	RESULTADOS	25
5	DISCUSSÃO	27
6	CONCLUSÃO.....	29
	REFERÊNCIAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

A avicultura consolidou-se como um dos principais segmentos da produção mundial de proteína animal, desempenhando papel estratégico na segurança alimentar e na economia global (Bist *et al.*, 2024). Os avanços em melhoramento genético, nutrição e manejo possibilitaram expressivo incremento na eficiência produtiva das linhagens comerciais (Cao *et al.*, 2024). Contudo, a intensificação produtiva resultante desse progresso elevou substancialmente as exigências metabólicas das aves, aproximando-as de seus limites fisiológicos, especialmente durante fases críticas do desenvolvimento (Korver, 2023).

No período embrionário, o desenvolvimento da ave depende exclusivamente dos nutrientes previamente depositados no ovo fértil. Embora a composição nutricional do ovo seja biologicamente eficiente, determinadas fases do desenvolvimento apresentam limitações na disponibilidade de substratos específicos, particularmente no período pré-eclosão, caracterizado por elevada demanda energética, intensificação da gliconeogênese, mobilização das reservas vitelínicas e aumento da produção de espécies reativas de oxigênio (Uni; Yadgary; Yair, 2012). Essas alterações metabólicas podem comprometer a viabilidade embrionária, elevar a mortalidade tardia e impactar negativamente a qualidade neonatal.

Diante desse cenário, a inoculação de soluções *in ovo* tem sido amplamente investigada como estratégia para modular o metabolismo embrionário e otimizar o desempenho pós-eclosão. A administração de nutrientes por essa via visa ampliar a disponibilidade de substratos energéticos e funcionais durante o período de maior exigência metabólica, favorecendo o desenvolvimento embrionário e a adaptação à transição para a vida extraembrionária (Miranda *et al.*, 2021).

Evidências científicas indicam que a administração *in ovo* de aminoácidos pode contribuir para a imunocompetência, estimular a síntese proteica, auxiliar no transporte de nitrogênio e participar de vias metabólicas essenciais, incluindo a síntese de nucleotídeos (Bhanja *et al.*, 2005; 2012; Ohta *et al.*, 2001; Sogunle *et al.*, 2020). Além disso, esses compostos podem atuar como substratos energéticos alternativos durante o período pré-eclosão, fase marcada por intensa demanda metabólica (Van der Wagt *et al.*, 2020).

A glicina, classificada como aminoácido funcional, desempenha papel relevante na síntese proteica, na formação de colágeno e na produção de glutatona, sendo fundamental para a manutenção do equilíbrio redox celular e para o adequado desenvolvimento estrutural em fases de crescimento acelerado (Li; Wu, 2018; Wu, 2013). Sua participação no metabolismo

antioxidante e na homeostase energética reforça seu potencial como nutriente estratégico durante o desenvolvimento embrionário.

A taurina é um aminoácido sulfonado reconhecido por sua atividade antioxidante e por sua atuação na estabilização de membranas celulares, na osmorregulação e na modulação de processos inflamatórios e metabólicos. Estudos recentes demonstram que sua suplementação pode atenuar o estresse oxidativo, melhorar parâmetros hematológicos e intestinais e reduzir danos celulares associados a desafios imunológicos (Xing *et al.*, 2021; Han *et al.*, 2020; Sandoghdar *et al.*, 2024). Essas propriedades sugerem potencial benefício de sua administração durante fases de elevada exigência metabólica.

Apesar do crescente número de estudos envolvendo a aplicação de aminoácidos *in ovo*, ainda são limitadas as evidências acerca dos efeitos específicos da glicina e da taurina administradas de forma isolada, sobretudo em linhagens de postura. Considerando que essas aves apresentam dinâmica metabólica distinta das linhagens de corte, torna-se relevante investigar a contribuição individual desses aminoácidos sobre parâmetros relacionados à eclodibilidade e à qualidade neonatal.

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da inoculação *in ovo* de glicina e taurina, administradas entre o 18º e 19º dia de incubação, sobre a taxa de eclosão, qualidade neonatal e peso corporal ao nascimento de aves de linhagem poedeira. Hipotetiza-se que a suplementação *in ovo* desses aminoácidos possa melhorar o desempenho neonatal sem comprometer a eclodibilidade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Avicultura e desempenho inicial

A avicultura brasileira tem consolidado sua importância estratégica para a economia nacional. De acordo com o último relatório anual da Associação Brasileira de Proteína Animal (Associação Brasileira de Proteína Animal, 2025), o setor atingiu, em 2024, o maior volume de produção de carne de frango e de ovos da última década. Esse desempenho é impulsionado tanto pelo mercado externo, que absorveu 35,36% do volume total de carne de frango produzida, quanto pelo robusto consumo interno de ovos, para o qual se destinou 99,14% da produção nacional (Associação Brasileira de Proteína Animal, 2025).

Nesse contexto, observa-se expressivo investimento no melhoramento genético avícola com o intuito de maximizar a produção de ovos, o ganho de peso e a conversão alimentar (Vale, 2014). Entretanto, essa seleção intensiva resultou em um aumento das demandas metabólicas e nutricionais das aves. Considerando que o embrião depende exclusivamente dos nutrientes depositados no ovo pela matriz, qualquer desequilíbrio na oferta de substratos energéticos e estruturais pode comprometer processos fundamentais de crescimento e diferenciação celular, refletindo-se em aumento da mortalidade embrionária tardia e redução da qualidade (Uni; Ferket, 2004).

O desempenho inicial das aves de postura está diretamente relacionado à qualidade do desenvolvimento embrionário e ao peso ao nascimento, fatores determinantes para o sucesso produtivo no período pós-eclosão (Souza, 2022). O período perinatal, que compreende os últimos dias antes da eclosão e os primeiros dias após o nascimento, é considerado uma fase crítica no desenvolvimento dos pintinhos. Nessa fase ocorre transição progressiva do metabolismo predominantemente lipídico, sustentado pelas reservas vitelínicas, para maior dependência de substratos glicídicos, além da maturação estrutural e funcional do trato gastrointestinal, ativação do sistema imune e adaptação à alimentação exógena (Kpodo; Weglarz, 2023). A eficiência dessas adaptações influencia diretamente o vigor neonatal, a capacidade de absorção de nutrientes e a sobrevivência inicial.

Diante dessas exigências metabólicas, a tecnologia de inoculação *in ovo*, possibilita a administração de substâncias bioativas diretamente em embriões durante o desenvolvimento embrionário, representa uma estratégia promissora para atender às exigências nutricionais e fisiológicas do período perinatal (Das; Mishra; Jha, 2021).

Estudos indicam que a suplementação *in ovo* pode promover maior maturação intestinal, aprimorar a resposta imunológica e otimizar o aproveitamento de nutrientes no período pós-eclosão (Gonçalves *et al.*, 2020). Esses efeitos estão associados à modulação do metabolismo energético e proteico, ao estímulo do trofismo da mucosa intestinal e ao fortalecimento dos mecanismos antioxidantes celulares. Como consequência, observa-se melhora na qualidade neonatal, maior uniformidade dos pintinhos e potencial redução da mortalidade inicial, aspectos fundamentais para a sustentabilidade produtiva do sistema avícola (Alves *et al.*, 2020).

2.2 Inoculação *in ovo* de nutrientes

Nos últimos anos, intensificou-se o interesse por estratégias capazes de suplementar o embrião com nutrientes além daqueles originalmente depositados no ovo pela ave matriz (Peebles, 2018). Essa abordagem, conhecida como inoculação *in ovo*, consiste na administração direta de substâncias nutritivas no interior do ovo, durante o período de incubação, em momentos que variam conforme o objetivo da intervenção e a natureza do produto utilizado, com o objetivo de otimizar o desenvolvimento embrionário (Das; Mishra; Jha, 2021).

O desenvolvimento embrionário constitui um processo contínuo e altamente regulado, caracterizado por períodos específicos de intensa atividade metabólica, crescimento celular e diferenciação tecidual (Givisiez *et al.*, 2020). Em determinadas fases da incubação, podem surgir limitações associadas à oferta de nutrientes (Uni; Ferker, 2004), à adequada formação estrutural dos órgãos, ao amadurecimento funcional do trato gastrointestinal (Uni *et al.*, 2005) e à preparação do sistema imune para os desafios do período pós-eclosão (Alabi *et al.* 2020). Após o nascimento, o pintinho ainda utiliza os nutrientes remanescentes do saco vitelino, enquanto seu sistema digestório passa por ajustes fisiológicos necessários para a utilização eficiente da dieta exógena (Van der Wagt *et al.*, 2020).

A primeira semana de vida é reconhecida como etapa determinante para a consolidação do desempenho produtivo das aves comerciais (Wang *et al.*, 2020). Alterações ou deficiências nesse período podem comprometer a conversão alimentar, reduzir a resistência a agentes patogênicos e impactar negativamente o crescimento (Uni; Ferket, 2004). Parte dos pintinhos recém-eclodidos apresenta dificuldades em superar essa fase de transição metabólica e fisiológica (Kpodo; Weglar, 2023).

Nesse contexto, a inoculação *in ovo* configura-se como uma estratégia de intervenção ainda durante a incubação, podendo ser aplicada em diferentes momentos, conforme as características do composto administrado e os objetivos experimentais (Peebles, 2018). No caso

da suplementação com aminoácidos, como glicina e taurina, objetiva-se oferecer suporte adicional ao metabolismo energético e proteico, favorecer a maturação intestinal e contribuir para a modulação de respostas fisiológicas essenciais ao período perinatal (Mierzejewska *et al.*, 2024; Know *et al.*, 2024). A absorção dessas substâncias ocorre principalmente por meio da ingestão do líquido amniótico pelo embrião nos dias finais de incubação, quando o trato gastrointestinal já se encontra funcional (Uni; Ferket, 2004), permitindo que os compostos participem ativamente da síntese proteica, do metabolismo energético e da regulação celular ainda na fase embrionária (Das; Mishra; Jha, 2021).

Estudos demonstram que a suplementação *in ovo* pode estimular o desenvolvimento das vilosidades intestinais, aumentar a atividade de enzimas digestivas e aprimorar a capacidade absorptiva do trato gastrointestinal (Yu *et al.*, 2024; Hou; Tako, 2018; Moran, 2007). Além disso, intervenções realizadas aos 18 dias de incubação, como a administração de simbióticos na cavidade amniótica, mostraram melhora na resposta imunológica e modulação positiva da microbiota intestinal (Duan *et al.*, 2021), evidenciando que a técnica pode influenciar precocemente o desenvolvimento do sistema imune e a adaptação pós-eclosão.

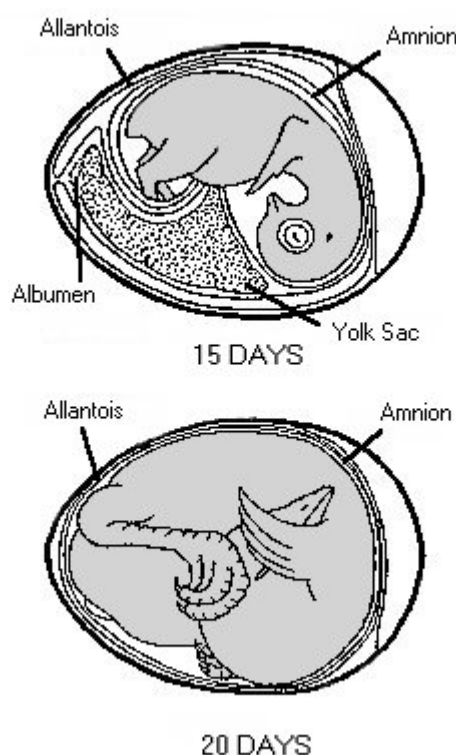
2.3 Desenvolvimento embrionário

O desenvolvimento embrionário aviário pode ser dividido, de forma didática, em três períodos correspondentes aos terços da incubação. Durante o primeiro terço (0–7 dias), ocorre a organogênese inicial, com intensa proliferação celular e diferenciação dos folhetos germinativos, estabelecendo-se as bases estruturais dos principais sistemas orgânicos (Vilches-Moure, 2019). No segundo terço (8–14 dias), observa-se crescimento acelerado e progressiva diferenciação funcional de órgãos como fígado, musculatura esquelética e trato gastrointestinal, acompanhados por aumento da atividade metabólica e da síntese proteica. No terço final (15–21 dias), o embrião atinge seu crescimento máximo, intensifica a deposição de tecidos corporais e passa por maturação funcional, especialmente do sistema digestório, preparando-se para a transição ao período pós-eclosão (Moran, 2007).

O âmnio é um anexo embrionário constituído por ectoderme e folheto parietal da mesoderme, composto por uma cavidade preenchida de líquido amniótico. Essa estrutura envolve completamente o embrião e exerce funções essenciais, como a proteção contra impactos mecânicos, prevenção da desidratação e manutenção de um ambiente adequado para o desenvolvimento embrionário (Moreira, 2015). Além de seu papel protetor, o líquido amniótico passa a desempenhar função nutricional nos dias finais de incubação.

Nos estágios finais da incubação, aproximadamente a partir do 17º dia de incubação, o embrião passa a ingerir o líquido amniótico, que é direcionado ao trato gastrointestinal, permitindo que nutrientes ali presentes sejam absorvidos antes da eclosão (Uni *et al.*, 2004; Omede *et al.*, 2017). Nesse período, observa-se crescimento acelerado do embrião e redução progressiva do volume da cavidade amniótica, conforme ilustrado na Figura 1, que compara os dias 15 e 20 de incubação.

Figura 1 - Estágios do desenvolvimento embrionário aviário aos 15 e 20 dias.



Fonte: Adaptado de Smith (1914, p. 6-7).

Em estudos envolvendo a suplementação *in ovo*, a cavidade amniótica tem sido o local de eleição para a inoculação, apresentando resultados consistentes (Peebles, 2018). Essa escolha decorre, principalmente, da facilidade de acesso à cavidade amniótica por volta do 18º dia de incubação e do consumo fisiológico natural desse conteúdo, promovendo contato direto com o epitélio intestinal em maturação, o que a torna uma via estratégica (Elliott *et al.*, 2018).

Dessa forma, preferencialmente, a administração de aminoácidos é realizada através do âmnio a partir do 18º dia de incubação, período em que o embrião inicia a ingestão ativa do líquido amniótico (Das; Mishra; Jha, 2021). A inoculação pode ser realizada por injeção manual ou por sistemas automatizados de incubatórios comerciais, sendo o momento ideal determinado pela espécie, do sistema de incubação e do objetivo terapêutico ou nutricional da substância administrada (Peebles, 2018).

Apesar dos avanços na técnica de administração *in ovo*, ainda são escassos os estudos conduzidos especificamente em linhagens de galinhas poedeiras, uma vez que a maior parte das pesquisas disponíveis se concentra em frangos de corte. Alguns trabalhos realizados com poedeiras no 17,5º e 18,5º dia de incubação, utilizando a via intra-amniótica, demonstraram resultados promissores quanto ao desenvolvimento embrionário e à eclodibilidade. No entanto, considerando as particularidades metabólicas e fisiológicas das aves de postura, ainda são necessárias investigações adicionais para estabelecer protocolos específicos e padrões comerciais seguros para essa categoria, bem como para compreender os efeitos a curto prazo da inoculação *in ovo* sobre o desempenho neonatal e produtivo dessas linhagens (Dai *et al.*, 2020; Duan *et al.*, 2021).

2.4 Aminoácidos

Os aminoácidos constituem as unidades estruturais das proteínas e exercem funções essenciais no metabolismo animal, participando não apenas da síntese proteica, mas também da produção de energia, da síntese de hormônios, neurotransmissores e diversos compostos nitrogenados. Do ponto de vista nutricional, classificam-se em essenciais, que devem ser fornecidos pela dieta, e não essenciais, que podem ser sintetizados pelo organismo em quantidades (Wu, 2018; McDonald, 2011).

No ovo, a clara e a gema apresentam elevada concentração de proteínas, constituindo as principais reservas nitrogenadas disponíveis para o desenvolvimento embrionário. Diversas proteínas estruturais e funcionais já foram descritas em ambas as frações como a ovalbumina, a ovotransferrina e o ovomucoide na clara, além da lipovitellina e da fosvitina na gema (Réhault-Godbert *et al.*, 2019; Sarantidi *et al.*, 2023). Durante a incubação, essas proteínas são progressivamente degradadas, liberando aminoácidos que serão utilizados na formação de novos tecidos e na manutenção do metabolismo embrionário (Uni; Yadgari; Yair, 2012).

Os aminoácidos liberados participam de processos fundamentais, incluindo síntese de proteínas estruturais, crescimento muscular, formação de órgãos, transporte e metabolismo de nitrogênio, síntese de nucleotídeos e atuação como substratos gliconeogênicos em fases de maior demanda energética. Além disso, exercem papel relevante no suporte ao sistema imune embrionário (Van der Wagt *et al.*, 2020).

Parte do conteúdo proteico da gema corresponde a imunoglobulinas maternas, sintetizadas pela galinha e depositadas durante a formação do ovo (Réhault-Godbert *et al.*, 2019). A manutenção da integridade dessas proteínas é essencial para a transferência de

imunidade passiva ao pintinho. Contudo, no período final da incubação, especialmente durante o esforço metabólico associado à eclosão, pode ocorrer maior utilização de aminoácidos como substratos energéticos via gliconeogênese. Caso o suprimento energético seja limitado, esse desvio metabólico pode comprometer a disponibilidade de aminoácidos para funções estruturais e imunológicas (Alves *et al.*, 2020).

Durante a incubação, são liberados tanto aminoácidos essenciais quanto não essenciais, incluindo a glicina, que participa ativamente da síntese proteica e de vias metabólicas associadas ao crescimento embrionário (Wang *et al.*, 2013). Além disso, determinados aminoácidos atuam como precursores de compostos bioativos, como a taurina, associada à modulação do estresse oxidativo, estabilização de membranas celulares e regulação do metabolismo energético (Surai *et al.*, 2020).

Estudos indicam que estratégias nutricionais envolvendo a administração de aminoácidos ainda durante a incubação podem influenciar positivamente o crescimento inicial, a conversão alimentar e a viabilidade dos pintinhos no período pós-eclosão (Souza, 2022). Além disso, observa-se aumento no consumo de ração e fortalecimento da imunidade celular e humoral (Banja; Subtrat, 2005).

Em um estudo conduzido por Bhanja e Subtrat (2005), a inoculação *in ovo* de misturas contendo glicina e prolina, bem como combinações contendo lisina, metionina e cisteína, resultou em melhorias no desempenho inicial das aves. Esses resultados sugerem que os aminoácidos administrados por via *in ovo* podem atuar de forma eficaz como moduladores metabólicos e imunológicos, contribuindo para o melhor desempenho das aves nos primeiros dias de vida.

2.5 Glicina

A glicina é classificada como um aminoácido não essencial para aves, pois pode ser sintetizada de forma endógena a partir de precursores como treonina, serina, colina e hidroxiprolina por meio de metabolismo interorgânico, envolvendo principalmente o fígado e os rins (Wang *et al.*, 2013; Li; Wu, 2018). Embora tradicionalmente classificada como aminoácido não essencial, a glicina tem sido considerada condicionalmente essencial na nutrição avícola, uma vez que a síntese endógena pode não suprir adequadamente as exigências metabólicas, especialmente em aves jovens ou sob condições de rápido crescimento (Siebert; Rodehutschord, 2019).

A glicina representa uma parcela significativa do total de aminoácidos (AAs) que compõem o colágeno, proteína estrutural fundamental nos animais, responsável pela manutenção da resistência e integridade de tecidos conjuntivos como ossos, pele, cartilagens e vasos sanguíneos (Li; Wu, 2018). Dessa forma, sua disponibilidade adequada é determinante para a formação tecidual e o crescimento corporal.

Além de sua função estrutural, a glicina participa ativamente de diversas vias metabólicas, sendo reconhecida como um metabólito essencial no metabolismo de um carbono (C1), participando da geração de unidades C1 via sistema de clivagem da glicina e interconversão com a serina (SHMT), processos essenciais para a síntese de nucleotídeos e proliferação celular. Integra ainda a síntese de glutathione, importante antioxidante intracelular, e pode atuar como substrato gliconeogênico, contribuindo para o metabolismo energético e para a regulação do estado redox celular (Wang *et al.*, 2013). Essa ampla participação metabólica evidencia sua relevância para a manutenção da homeostase celular e para o adequado desenvolvimento embrionário (Hong *et al.*, 2020).

A suplementação crescente de glicina em frangos de corte submetidos ao estresse térmico demonstrou efeitos positivos sobre a qualidade da carne, a saúde hepática e a integridade intestinal (Kwon *et al.*, 2024). Esses efeitos têm sido atribuídos, em parte, ao aumento da disponibilidade de glutathione, resultando na redução do estresse oxidativo e da peroxidação lipídica, evidenciada por menores concentrações hepáticas de malondialdeído e maior atividade de enzimas antioxidantes, como superóxido dismutase e catalase (Wang *et al.*, 2013).

Além do efeito antioxidante, a glicina apresenta ação citoprotetora hepática e potencial modulador da resposta inflamatória, associada à redução das concentrações séricas de aspartato aminotransferase (AST) e ácido úrico (Zhong *et al.*, 2003). No trato intestinal, pode influenciar expressão de transportadores intestinais de aminoácidos e glicose, contribuindo para o fortalecimento da barreira intestinal e para a manutenção da integridade mucosa (Liu *et al.*, 2024).

Adicionalmente, as aves suplementadas com glicina têm apresentado melhora no desempenho produtivo e na resposta fisiológica ao estresse. Esses efeitos têm sido atribuídos ao seu envolvimento na síntese de creatina, heme, glutathione, ácidos biliares, ácidos nucleicos e ácido úrico, compostos cujas demandas metabólicas tendem a aumentar em condições de estresse. Tais achados reforçam o papel da glicina como aminoácido funcional na mitigação de desafios ambientais (Wang *et al.*, 2013; Won *et al.*, 2023). Além disso, apresenta relação custo-benefício favorável quando comparada a outros aminoácidos estruturais do colágeno,

configurando alternativa nutricional viável para suporte ao crescimento e à formação tecidual (Li; Wu, 2018).

Estudos demonstraram que, entre os aminoácidos não essenciais avaliados, a glicina foi a única capaz de compensar parcialmente o desempenho reduzido de aves alimentadas com dietas de baixa proteína (Awad *et al.*, 2015), promovendo melhora na conversão alimentar e redução significativa dos teores de umidade e nitrogênio da cama, evidenciando benefícios tanto zootécnicos quanto ambientais (Awad *et al.*, 2017).

No contexto da inoculação *in ovo*, a glicina também tem sido associada à modulação do sistema imunológico durante o desenvolvimento embrionário. Em um estudo envolvendo a inoculação *in ovo* de quelato de zinco associado à glicina e probióticos, observou-se aumento na proliferação e diferenciação de linfócitos T CD3⁺CD4⁺ e CD3⁺CD8⁺, células fundamentais na coordenação e execução da resposta imune celular (Ciszewski *et al.*, 2023). Embora os efeitos tenham sido observados em associação com outros compostos bioativos, os resultados sugerem potencial participação da glicina na programação imunológica embrionária.

2.6 Taurina

A taurina (ácido 2-aminoetanossulfônico) é classificada como um aminoácido sulfônico não proteico. Diferentemente dos aminoácidos clássicos, apresenta grupo sulfônico em substituição ao grupo carboxílico, característica estrutural que impede a formação de ligações peptídicas e, conseqüentemente, sua incorporação direta às proteínas (Ripps; Shen, 2012). Ainda assim, exerce funções biológicas relevantes, atuando como composto funcional em diversos processos celulares.

Entre as principais funções da taurina, destaca-se a atividade antioxidante, associada à modulação do equilíbrio redox e à neutralização indireta de espécies reativas de oxigênio. A taurina também participa da regulação do fluxo de cátions, estabilização de membranas celulares, modulação da fosforilação proteica e controle da proliferação celular. Durante o desenvolvimento embrionário, período caracterizado por intensa atividade metabólica e elevada produção de espécies reativas de oxigênio, esses efeitos podem contribuir para a manutenção da integridade celular e tecidual, reforçando seu potencial papel na proteção celular e na vitalidade embrionária (Mierzejewska *et al.*, 2024).

Embora a maioria das aves sejam capazes de sintetizar taurina endogenamente a partir de aminoácidos sulfurados, como metionina e cisteína, essa capacidade pode tornar-se limitada em situações de estresse metabólico ou ambiental. Nessas condições, observa-se aumento da

demanda por compostos antioxidantes, ao mesmo tempo em que pode ocorrer redução no consumo alimentar, comprometendo a disponibilidade de precursores para sua síntese (Surai; Kochish; Kidd, 2019).

Dentro desse contexto, a suplementação de taurina tem sido associada a efeitos indiretos positivos sobre o metabolismo proteico. Evidenciou-se melhora no ganho de peso corporal e consumo de ração, diminuição da conversão alimentar e aumento da capacidade antioxidante que levou a redução do estresse oxidativo (Sandoghdar; Irani; Gharahveysi, 2024; Xing *et al.*, 2021). Adicionalmente, foram observadas melhorias na morfologia do jejuno, incluindo maior desenvolvimento das vilosidades intestinais, favorecendo o aproveitamento de nutrientes (Sandoghdar; Irani; Gharahveysi, 2024).

No âmbito da inoculação *in ovo*, estudos recentes demonstraram que a administração intra-amniótica de taurina, associada a hidrocoloide, promoveu aumento nos níveis de peptídeos bioativos, como carnosina e anserina, no músculo peitoral, além de contribuir para a manutenção da homeostase metabólica durante o desenvolvimento embrionário (Mierzejewska *et al.*, 2024). Esses achados sugerem que a taurina pode influenciar precocemente o metabolismo muscular e o equilíbrio oxidativo ainda na fase embrionária.

Além disso, evidências indicam que a taurina exerce efeito modulador sobre processos inflamatórios e pode auxiliar na manutenção do desempenho produtivo, especialmente em sistemas intensivos de produção, nos quais as aves estão frequentemente expostas a estresse térmico e desafios imunológicos (Han *et al.*, 2020; Surai; Kochish; Kidd, 2019). Dessa forma, consolida-se como composto funcional com potencial aplicação estratégica tanto no período pós-eclosão quanto na fase embrionária, quando administrada por via *in ovo*.

3 METODOLOGIA

O presente estudo foi conduzido em conformidade com as normas éticas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), após aprovação pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Uberlândia (CEUA - UFU), sob o protocolo nº 23117.022979/2023-60. Todos os procedimentos foram realizados seguindo os princípios de bem-estar animal e biossegurança.

Um total de 42 embriões de galinha fertilizados, da linhagem *Hy-Line*, foram incubados em incubadoras Ecologica 2000 por 21 dias até o dia 1 de vida, mantidas no Laboratório de Incubação de Aves (LIAVE) da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Uberlândia (FAMEV-UFU). Os embriões foram distribuídos aleatoriamente em três grupos experimentais (n = 14 por grupo): G1 – controle negativo (solução salina tamponada com fosfato, PBS); G2 – glicina comercial (3 mg/ovo); G3 – taurina comercial (95 mg/ovo).

Durante o período de incubação, os ovos foram mantidos a 37,5 °C e umidade relativa de 55%, com viragem automática a cada 2 horas. Entre o 18º e o 19º dia de desenvolvimento embrionário, os ovos foram individualmente pesados em balança analítica com calibração automática e identificados numericamente de 1 a 42, conforme o respectivo grupo experimental.

Previamente à inoculação, os ovos foram submetidos à desinfecção da casca com solução de iodopovidona. Em seguida, realizou-se um orifício na extremidade mais larga da casca, correspondente à câmara de ar, para acesso à cavidade amniótica. As soluções de glicina e taurina foram previamente preparadas em solução salina tamponada com fosfato (PBS) estéril, respeitando-se as dosagens estabelecidas para cada tratamento. A inoculação consistiu na administração de 100 µL da respectiva solução diretamente na cavidade amniótica, utilizando agulha hipodérmica 24G (25 mm), conforme protocolo descrito por Bhanja *et al.* (2004).

A inoculação foi realizada em capela de fluxo laminar, a fim de garantir condições assépticas. Após a inoculação, os orifícios foram selados com adesivos hipoalergênicos descartáveis, e os ovos foram imediatamente reconduzidos à incubadora.

No primeiro dia pós-eclosão, realizou-se a avaliação física e o diagnóstico macroscópico dos pintainhos, observando-se a cicatrização umbilical, a uniformidade e limpeza da penugem, o nível de alerta e atividade, além da integridade dos membros. Em seguida, os animais foram pesados para determinar o peso corporal inicial e a viabilidade (vivos ou mortos). Para padronização dos dados e correção das variações individuais no peso inicial dos ovos, foi realizado ajuste do peso corporal dos pintainhos para um peso padrão de 50 g de ovo. O peso

ajustado foi calculado utilizando a seguinte equação: $\text{Peso ajustado (g)} = (\text{peso do ovo} \times \text{peso do pintainho}) / 50$. Esse procedimento permitiu a comparação entre os tratamentos independentemente das diferenças individuais no peso inicial dos ovos.

Após as avaliações, os animais foram submetidos à eutanásia humanitária, seguindo as diretrizes de bem-estar animal. O protocolo consistiu na administração subcutânea de xilazina (0,4 mg/kg) associada à cetamina (100 mg/kg) para indução de anestesia profunda, seguida de deslocamento cervical para garantir a perda irreversível da consciência, garantindo morte rápida e minimizando desconforto.

3.1 Análise Estatística

Os dados de peso corporal inicial foram submetidos à análise estatística utilizando o software GraphPad Prism, versão 10.02.

Inicialmente, foi verificada a normalidade dos dados por meio do teste de Shapiro–Wilk. Atendidos os pressupostos de normalidade, as médias dos três grupos experimentais foram comparadas por meio de análise de variância (ANOVA) de uma via. Quando detectada diferença significativa, aplicou-se o teste de comparações múltiplas de Tukey.

Para todas as análises, adotou-se nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Os resultados foram expressos como média $\pm$ desvio padrão.

4 RESULTADOS

Não foram observadas diferenças significativas no peso corporal ao nascimento entre os grupos tratados com glicina (Tabela 1) e taurina (Tabela 2) em comparação ao grupo controle ($p > 0,05$). Para glicina, as médias foram $39,14 \pm 3,24$ g (CN) e $38,61 \pm 2,92$ g (GLI) e $p = 0,6518$. Para taurina, as médias foram $39,16 \pm 3,14$ g (CN) e $38,30 \pm 2,52$ g (TAU) e $p = 0,4540$.

Quanto à avaliação qualitativa (diagnóstico macroscópico) no primeiro dia de vida, a maioria dos neonatos apresentou padrão de qualidade superior, caracterizado por penugem uniforme e limpa, reflexos ativos (alerta) e membros hidratados, sem alterações morfológicas.

No grupo Controle, foi observado apenas um indivíduo com cicatrização umbilical incompleta. De forma semelhante, no grupo Glicina, registrou-se um espécime com cicatrização umbilical inadequada e outro com penugem desuniforme e úmida. Já no grupo Taurina, dois espécimes apresentaram umbigo remanescente. De modo geral, as ocorrências foram pontuais e isoladas, não sendo observada relação estatisticamente significativa com os tratamentos experimentais ($p > 0,05$).

A taxa de eclosão observada foi de 100% nos grupos Controle e Glicina, enquanto o grupo Taurina apresentou taxa de 85,7%, com dois ovos não eclodidos, o que pode ser evidenciado na Tabela 3. A mortalidade embrionária observada no grupo Taurina ocorreu na fase tardia da incubação (entre o 19º e 21º dia).

Tabela 1 – Variação de peso ao nascer entre grupos G1 e G2

	CN	GLI
Número de valores	14	14
Mínimo	33,52	33,96
Máximo	45,28	44,83
Média	39,14	38,61
Std. Deviation	3,240	2,924

$P=0,6518$

Abreviações: CN, grupo controle; GLI, grupo glicina

Fonte: a autora.

Tabela 2 - Variação de peso ao nascer entre grupos G1 e G3

	CN	TAU
Número de valores	14	12
Minimum	34,86	34,15
Maximum	45,25	41,63
Mean	39,16	38,30
Std. Deviation	3,141	2,523

P=0,4540

Abreviações: CN, grupo controle; TAU, grupo taurina.

Fonte: a autora.

Tabela 3 – Mortalidade e Eclosão

	CN	GLI	TAU
Ovos incubados	14	14	14
Ovos eclodidos	14	14	12
Ovos não eclodidos	0	0	2
Mortalidade (%)	0%	0%	14,3%
Taxa de eclosão (%)	100%	100%	85,7%

Abreviações: CN, grupo controle; GLI, grupo glicina; TAU, grupo taurina

Fonte: a autora.

5 DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo demonstraram que a inoculação *in ovo* de glicina e taurina, nas dosagens avaliadas, não promoveu alterações significativas no peso corporal ao nascimento ou nos achados macroscópicos do primeiro dia de vida. A ausência de efeito sobre o crescimento embrionário final está em consonância com estudos clássicos de inoculação *in ovo*, como os de Uni e Ferket (2004), que indicam que, nas condições experimentais adotadas e quando realizada em doses fisiologicamente adequadas, a técnica tende a manter os índices de qualidade física dos pintinhos sem interferir diretamente no crescimento embrionário final.

No que se refere à glicina, a manutenção do desempenho inicial observada é compatível com os achados de Ciszewski *et al.* (2023), que também não verificaram alterações no peso corporal ao utilizarem zinco-glicina via intra-amniótica. Considerando o papel metabólico da glicina na síntese proteica, no metabolismo de um carbono e na formação de compostos antioxidantes, é plausível que seus efeitos sejam mais relacionados à modulação metabólica e à homeostase celular do que ao aumento direto do crescimento corporal em condições fisiológicas basais.

Em relação à taurina, Huang *et al.* (2014) relataram que sua suplementação não promoveu o aumento no desempenho de crescimento em condições normais, embora tenha elevado a concentração muscular de taurina e reduzido marcadores de estresse oxidativo. Esses achados sugerem que os efeitos antioxidantes da taurina nem sempre se refletem diretamente em melhorias no ganho de peso corporal, especialmente quando as aves são mantidas com baixo desafio fisiológico, como ocorreu nas condições controladas do presente estudo.

Trabalhos conduzidos por Bhanja e Mandal (2005) com inoculação de aminoácidos também relataram manutenção dos índices de qualidade dos pintinhos quando utilizadas doses adequadas. No presente estudo, a técnica demonstrou segurança para a glicina, evidenciada pela taxa de eclosão de 100%. Contudo, a redução numérica na eclodibilidade observada no grupo Taurina (85,7%) sugere a necessidade de análise cautelosa quanto à concentração empregada. A dosagem de 95 mg/ovo pode ter excedido o limite de tolerância osmótica do líquido amniótico, interferindo na homeostase hídrica ou na facilidade de bicagem do embrião.

Conforme discutido por Foye *et al.* (2007) e revisado por Peebles (2018), o equilíbrio de solutos no âmnio é crítico e possui um alto custo metabólico, variações na osmolaridade, volume ou local de aplicação podem interferir na homeostase hídrica e na mecânica de bicagem do embrião. Esse potencial sobrecarga osmótica pode estar relacionada a um maior gasto energético, mediado pelo transporte ativo de íons, o que pode ter desviado reservas energéticas,

como o glicogênio hepático e muscular (Uni *et al.*, 2005) que seriam primordiais para o esforço de eclosão.

Adicionalmente, evidências recentes indicam que os efeitos da taurina podem se tornar mais evidentes sob condições de estresse. Gupta *et al.* (2026) demonstraram que a administração *in ovo* de taurina atenuou os impactos do estresse térmico cíclico em frangos de corte, indicando que seus benefícios podem estar mais associados à modulação da resposta ao estresse do que ao estímulo direto do crescimento em condições basais. Assim, a ausência de diferenças significativas no peso corporal observada no presente estudo pode estar relacionada às condições ambientais controladas durante a incubação e criação inicial das aves.

De maneira geral, a literatura evidencia considerável variabilidade nos resultados relacionados à técnica de inoculação *in ovo*, o que pode estar associado à heterogeneidade metodológica entre os estudos. Fatores como o local de aplicação (saco vitelino, cavidade alantóide ou amniótica), idade embrionária no momento da inoculação, volume administrado, osmolaridade e composição da solução, bem como o tipo de instrumento utilizado, podem influenciar significativamente as respostas fisiológicas do embrião (Peebles, 2018). A ausência de padronização desses parâmetros dificulta comparações diretas entre experimentos e pode explicar a inconsistência dos efeitos observados, particularmente em relação ao desempenho ao nascimento.

Assim, os achados do presente estudo indicam que a inoculação intra-amniótica de glicina e taurina, nas condições avaliadas, não comprometeu o desenvolvimento embrionário nem a qualidade inicial dos pintinhos, mas também não promoveu incremento no peso corporal ao nascimento, sugerindo que seus potenciais benefícios possam estar mais associados a condições de desafio fisiológico ou a efeitos metabólicos de médio prazo.

6 CONCLUSÃO

A inoculação *in ovo* de glicina e taurina, nas condições experimentais avaliadas, não promoveu alterações significativas no peso corporal ao nascimento nem na qualidade neonatal de aves da linhagem poedeira Hy-Line W-80, indicando ausência de efeito sobre o desenvolvimento embrionário nas condições avaliadas. Observou-se redução numérica na taxa de eclosão no grupo Taurina, com mortalidade embrionária tardia de 14,3%; entretanto, não foi possível estabelecer relação causal direta com o tratamento utilizado.

REFERÊNCIAS

- ALABI, J. O. *et al.* Influence of in ovo threonine on growth performance and immunocompetence in broiler chickens. **Indian Journal of Animal Sciences**, New Delhi, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.56093/ijans.v90i12.113199>. Acesso em: 12 fev. 2026.
- ALVES, L. K. S. *et al.* In-ovo feeding: a review. **Veterinária Notícias**, Uberlândia, v. 26, n. 1, p. 50–67, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/VTN-v26n1-2020-51611>. Acesso em: 18 fev. 2026..
- ARABACI, S.; DANČIŠINOVÁ, V.; PAULSEN, F. The chick embryo as a model for the study of human diseases and its role in the 3Rs. **Annals of Anatomy - Anatomischer Anzeiger**, [s. l.], v. 257, p. 152331, jan. 2025. DOI: 10.1016/j.aanat.2024.152331. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2024.152331>. Acesso em: 12 fev. 2026.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório Anual 2025**. São Paulo: ABPA, 2025. Disponível em: <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2025/04/ABPA.-Relatorio-Anual-2025.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2026.
- AWAD, E. A.; ZULKIFLI, I.; SOLEIMANI, A. F.; LOH, T. C. Individual non-essential amino acids fortification of a low-protein diet for broilers under the hot and humid tropical climate. **Poultry Science**, Champaign, 2015, v. 94, n. 11, p. 2772-2777. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps/pev258>. Acesso em: 12 fev. 2026.
- AWAD, E. A.; ZULKIFLI, I.; SOLEIMANI, A. F.; ALJUOBORI, A. Effects of feeding male and female broilers low-protein diets fortified with different levels of dietary glycine in hot and humid tropical climate. **Italian Journal of Animal Science**, Bologna, 2017, v. 16, n. 3, p. 453-461. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1291288>. Acesso em: 12 fev. 2026.
- BHANJA, S. K. *et al.* Modulation of post hatch-growth and immunocompetence through *in ovo* injection of limiting amino acids in broiler chickens. **Indian Journal of Animal Sciences**, New Delhi, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.56093/ijans.v82i9.23652>. Acesso em: 12 fev. 2026.
- BHANJA, S. K.; MANDAL, A. B. Effect of In ovo Injection of Critical Amino Acids on Pre- and Post-hatch Growth, Immunocompetence and Development of Digestive Organs in Broiler Chickens. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, [s. l.], v. 18, n. 4, p. 524-531, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.5713/ajas.2005.524>. Acesso em: 12 mar. 2026.
- BIST, R. B. *et al.* Sustainable poultry farming practices: a critical review of current strategies and future prospects. **Poultry Science**, Champaign, 2024, v. 103, n. 12, 104295. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104295>. Acesso em: 12 fev. 2026.
- CAO, K.-X. *et al.* Poultry nutrition: achievement, challenge, and strategy. **The Journal of Nutrition**, Rockville, 2024, v. 154, n. 12, p. 3554-3565. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tjnut.2024.10.030>. Acesso em: 12 fev. 2026.
- CISZEWSKI, A. *et al.* Effect of combined in ovo administration of zinc glycine chelate (Zn-Gly) and a multistrain probiotic on the modulation of cellular and humoral immune responses

in broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, 2023, v. 102, n. 9, 102823. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102823>. Acesso em: 12 fev. 2026.

DUAN, A. Y. *et al.* The effects of in ovo injection of synbiotics on the early growth performance and intestinal health of chicks. **Frontiers in Veterinary Science**, Lausanne, 2021, v. 8, 658301. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.658301>. Acesso em: 12 fev. 2026.

DAI, D., WU, S., ZHANG, H., G, WANG, J. Dynamic alterations in early intestinal development, microbiota and metabolome induced by *in ovo* feeding of *L*-arginine in a layer chick model. **Journal of Animal Science Biotechnology**, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40104-020-0427-5>.

DAS, R.; MISHRA, P.; JHA, R. In ovo feeding as a tool for improving performance and gut health of poultry: a review. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 8, 754246, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.754246>. Acesso em: 19 fev. 2026.

FOYE, O. T.; FERKET, P. R.; UNI, Z. The effects of in ovo feeding arginine, beta-hydroxy-beta-methyl-butyrate, and protein on jejunal digestive and absorptive activity in embryonic and neonatal turkey poults. **Poultry Science**, v. 86, n. 11, p. 2343–2349, 2007. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.2007-00110>. Acesso em: 19 fev. 2026

GILBERT, S. F. **Developmental Biology**. 9. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2010.

GIVISIEZ, P. E. N. *et al.* Chicken embryo development: metabolic and morphological basis for in ovo feeding technology. **Poultry Science**, v. 99, n. 12, p. 6774–6782, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.09.074>. Acesso em: 17 fev. 2026.

GONÇALVES, F. M. *et al.* Nutrição in ovo: estratégia para nutrição de precisão em sistemas de produção avícola. **Archivos de Zootecnia**, v. 69, n. 268, p. 504–515, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21071/az.v69i268.5385>. Acesso em: 17 fev. 2026.

GUPTA, V. *et al.* Effects of in ovo taurine administration on cyclic heat stress in broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, 2026. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2026.106450>. Acesso em: 12 fev. 2026.

HAN, H. *et al.* Dietary taurine supplementation attenuates lipopolysaccharide-induced inflammatory responses and oxidative stress in early-age broilers. **Journal of Animal Science**, Oxford, 2020, v. 98, n. 10. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jas/skaa311>. Acesso em: 12 fev. 2026.

HONG, S. B. *et al.* Glycine metabolism and its alterations in obesity and metabolic diseases. **Nutrients**, [s. l.], v. 12, n. 6, p. 1672, jun. 2020. DOI: 10.3390/nu12061672. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nu12061672>. Acesso em: 12 fev. 2026

HOU, T.; TAKO, E. The in ovo feeding administration (*Gallus gallus*) – an emerging in vivo approach to assess bioactive compounds with potential nutritional benefits. **Nutrients**, Basel, 2018, v. 10, n. 4, 418. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nu10040418>. Acesso em: 12 fev. 2026.

HUANG, C. X. *et al.* Dietary inclusion level and time effects of taurine on broiler performance, meat quality, oxidative status and muscle taurine content. **British Poultry Science**, London, 2014, v. 55, n. 5, p. 598-604. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00071668.2014.943692>. Acesso em: 12 fev. 2026.

KAPLAN-ARABACI, O.; DANČIŠINOVÁ, Z.; PAULSEN, R. E. The chicken embryo: an alternative animal model in development, disease and pharmacological treatment. **Pharmacology Research & Perspectives**, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/prp2.70086>. Acesso em: 12 fev. 2026.

KORVER, D. R. Review: current challenges in poultry nutrition, health, and welfare. **Animal**, 2023, v. 17, Suppl. 2, 100755. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100755>. Acesso em: 12 fev. 2026.

KWON, S. Y. *et al.* Effect of increasing supplementation of dietary glycine on growth performance and intestinal health in broilers under heat stress. **Poultry Science**, Champaign, 2024, v. 103, n. 12, 104352. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104352>. Acesso em: 12 fev. 2026.

LI, P.; WU, G. Roles of dietary glycine, proline, and hydroxyproline in collagen synthesis and animal growth. **Amino Acids, Vienna**, 2018, v. 50, p. 29-38. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00726-017-2490-6>. Acesso em: 12 fev. 2026.

LIU, Y. *et al.* Optimal glycine allowance levels in low-protein diets and the dynamic requirement model for broilers. **Poultry Science**, v. 103, n. 12, 104255, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104255>. Acesso em: 17 fev. 2026.

MCDONALD, P. *et al.* **Animal Nutrition**. 7. ed. Harlow: Pearson, 2011.

MIERZEJEWSKA, K. *et al.* The effect of in ovo taurine administration on the antioxidant status and development of broiler chicken embryos. **Animal Feed Science and Technology**, [s. l.], v. 308, p. 115865, fev. 2024. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2023.115865. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115865>. Acesso em: 12 fev. 2026.

MIRANDA, H. A. F. *et al.* Effects of in ovo nutrition on broiler performance: a review. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. e38810212307, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12307>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/12307>. Acesso em: 27 fev. 2026.

MORAN JUNIOR, E. T. Nutrition of the developing embryo and hatchling. **Poultry Science**, Champaign, v. 86, n. 5, p. 1043-1049, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ps/86.5.1043>. Acesso em: 12 fev. 2026.

MOREIRA, C. Embriogénese de uma Ave. **Revista de Ciência Elementar**, Lisboa, v. 3, n. 3, p. 159, 2015. Disponível em: DOI <http://doi.org/10.24927/rce2015.159>. Acesso em: 12 fev. 2026.

OMEDE, A. *et al.* Physico-chemical properties of late-incubation egg amniotic fluid and a potential in ovo feed supplement. **Animal Bioscience**, v. 30, n. 8, p. 1124–1134, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.16.0677>. Acesso em: 15 fev. 2026

OHTA, Y.; KIDD, M. T.; ISHIBASHI, T. Embryo growth and amino acid concentration profiles of broiler breeder eggs, embryos, and chicks after in ovo administration of amino acids. **Poultry Science**, 80(10): 1430–1436, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ps/80.10.1430>

PEEBLES, E. D. In ovo applications in poultry: a review. **Poultry Science**, Champaign, 2018, v. 97, n. 7, p. 2322-2338. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps/pey081>. Acesso em: 12 fev. 2026.

PENDER, C. M. *et al.* In ovo supplementation of probiotics and its effects on performance and immune-related gene expression in broiler chicks. **Poultry Science**, [s. l.], v. 96, n. 5, p. 1052-1062, maio 2017. DOI: 10.3382/ps/pew381. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps/pew381>. Acesso em: 12 fev. 2026.

RÉHAULT-GODBERT, S.; GUYOT, N.; NYS, Y. The golden egg: nutritional value, bioactivities, and emerging benefits for human health. **Nutrients**, v. 11, n. 3, 684, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30909449/> . Acesso em: 25 fev. 2026.

RIBEIRO, L. N. M. *et al.* Chicken embryo: a useful animal model for drug testing?. **European Review for Medical and Pharmacological Sciences**, Rome, 2022, v. 26, n. 13, p. 4828-4839. Disponível em: https://doi.org/10.26355/eurev_202207_29208. Acesso em: 12 fev. 2026.

RIPPS, H.; SHEN, W. Taurine: a “very essential” amino acid. **Molecular Vision**, 2012, v. 18, p. 2673-2686. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23170060/>. Acesso em: 12 fev. 2026.

RUSSELL, W. M. S.; BURCH, R. L. The Principles of Humane Experimental Technique. **English, Book**, London: Methuen, 1959.

SANDOGHDAR, T.; IRANI, M.; GHARAHVEYSI, S. Taurine amino acid supplementation impacts performance, blood hematology, oxidative stress, and jejunum morphology in broiler chickens. **Tropical Animal Health and Production**, [s. l.], v. 56, n. 3, p. 123, 13 abr. 2024. DOI: 10.1007/s11250-024-03961-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11250-024-03961-9>. Acesso em: 12 fev. 2026.

SARANTIDI, E. *et al.* Egg white and yolk protein atlas: new protein insights of a global landmark food. **Foods**, v. 12, n. 18, 3470, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12183470>

SIEGERT, W.; RODEHUTSCORD, M. The relevance of glycine and serine in poultry nutrition: a review. **British Poultry Science**, v. 60, n. 5, p. 579–588, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/00071668.2019.1622081>.

SMITH, T. W., The Avian Embryo. Publication 1150. *In*: **ACTS OF CONGRESS**, Mississippi State University Extension Service, May 8 and June 30, 1914. Disponível em: https://www.poultry.msstate.edu/pdf/extension/avian_embryo.pdf. Acesso em: 19 fev. 2026.

SOUZA, G. P. **Nutrição in ovo com aminoácidos para frango de corte: uma metanálise**. 2022. 71 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufla.br/handle/1/55142>. Acesso em: 12/02/2026.

SOGUNLE, O. M. et al. Effects of in ovo injection of amino acids on hatching performance, cell-mediated immunity and blood profile of FUNAAB Alpha broiler chickens. **Nigerian Journal of Animal Production**, v. 46, n. 4, p. 59–72, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.51791/njap.v46i4.998>.

SURAI, P. F.; KOCHISH, I. I.; KIDD, M. T. Taurine in poultry nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, 2020, v. 260, 114339. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114339>. Acesso em: 12 fev. 2026.

UNI, Z.; FERKET, P. R. Methods for early nutrition and their potential. **World's Poultry Science Journal**, v. 60, p. 101–111, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1079/WPS20040009>. Acesso em: 18 fev. 2026.

UNI, Z.; FERKET, P. R.; TAKO, E.; KEDAR, O. In ovo feeding improves energy status of late-term chicken embryos. **Poultry Science**, Champaign, 2005, v. 84, n. 5, p. 764–770. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ps/84.5.764>. Acesso em: 12 fev. 2026.

UNI, Z.; YADGARY, L.; YAIR, R. Nutritional limitations during poultry embryonic development. **Journal of Applied Poultry Research**, Champaign, 2012, v. 21, p. 175–184. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/japr.2011-00478>. Acesso em: 12 fev. 2026.

VALE, M. M. Produção de aves. In: BRANDÃO, F. Z. et al. (ed.). **Zootecnia: tópicos de produção animal**. [S. l.]: Embrapa, 2014. cap. 11, p. 237–258. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355242/0/Aves+-+cap%C3%ADtulo+11.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2026.

VAN DER WAGT, I. *et al.* A review on yolk sac utilization in poultry. **Poultry Science**, v. 99, n. 4, p. 2162–2175, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.11.041>.

VILCHES-MOURE, J. G. Embryonic chicken (*Gallus gallus domesticus*) as a model of cardiac biology and development. **Comparative Medicine**, v. 69, n. 3, p. 184–203, 2019. DOI: <https://doi.org/10.30802/AALAS-CM-18-000061>.

WANG, W. *et al.* Glycine metabolism in animals and humans: implications for nutrition and health. **Amino Acids**, Vienna, 2013, v. 45, p. 463–477. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00726-013-1493-1>. Acesso em: 12 fev. 2026.

WON, SY. *et al.* Effect of individual or combination of dietary betaine and glycine on productive performance, stress response, liver health, and intestinal barrier function in broiler chickens raised under heat stress conditions. **Poult Sci.** 2023 Jul;102(7):102771. Epub 2023 May 2. PMID: 37236038; PMCID: PMC10232888. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102771>. Acesso em: 25 fev. 2026.

WU, G. Functional amino acids in nutrition and health. **Amino Acids**, Vienna, 2013, v. 45, p. 407-411. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00726-013-1500-6>. Acesso em: 12 fev. 2026.

WU, G. **Principles of Animal Nutrition**. Boca Raton: CRC Press, 2018.

XING T. *et al.* Dietary taurine attenuates hydrogen peroxide-impaired growth performance and meat quality of broilers via modulating redox status and cell death signaling, **Journal of Animal Science**, v. 99, Issue 5, May 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jas/skab089>. Acesso em: 12/02/2026.

YADGARY, L.; UNI, Z. Yolk sac carbohydrate levels and gene expression of key gluconeogenic and glycogenic enzymes during chick embryonic development. **Poultry Science**, v. 91, n. 2, p. 444–453, 2012. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01669>.

YU, L. E. *et al.* In-ovo glutamine administration enhances intestinal development and functions in broiler chickens: insights from enteroid models. **The Journal of Nutrition**, v. 154, n. 4, p. 1175–1188, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tjnut.2024.02.007>.

ZHONG, Z. *et al.* L-glycine: a novel antiinflammatory, immunomodulatory, and cytoprotective agent. **Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care**, v. 6, n. 2, p. 229–240, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1097/00075197-200303000-00013>.